

Jurnal

ISSN 1410-3354

## Akta Agrosia

Telah Diakreditasi

Vol. 10 No.1 Januari - Juni 2007

## DAFTAR ISI

Aktivitas Peroksidase, Skor ELISA dan Respon Ketahanan 29 Genotipe Cabai Merah terhadap Infeksi <i>Cucumber Mosaic Virus</i> (CMV). (Catur Herison, Rustikawati, dan Sudarsono) .....	1
The Test of Allelopathic Potential of Three Species of The Genus <i>Alstonia</i> . (Yansen) .....	14
Penetapan Pupuk Kalium Berdasarkan Kurva Respon serta Nisbah Kalsium-Kalium dan Magnesium-Kalium untuk Padi Sawah di Jawa Timur. (M. Al-Jabri) .....	23
Analisa Marketable Surplus Beras (Studi Kasus di Desa Dusun Muara Aman Kecamatan Lebong Utara Kabupaten Lebong). (Nusril, Hadi Sofyan Harahap dan Ketut Sukiyono) .....	32
Analisis Usahatani dan Keragaan Margin Pemasaran Bawang Merah di Kabupaten Brebes. (Tjetjep Nurasa dan Valeriana Darwis) .....	40
Pengembangan Kedelai Transgenik yang Toleran Herbisida Amonium-Glufosinat dengan <i>Agrobacterium</i> . (Marveldani, Maimun Barmawi, Kukuh Setiawan, dan Setyo Dwi Utomo) .....	49
Analisis Efisiensi Pemasaran Kacang Mete (Cashew Nuts)-di Kabupaten Wonogiri. (Wahyu Andayani) .....	56
Respon Padi Sawah pada Teknik Budidaya Secara Aerobik dan Pemberian Bahan Organik. (Sumardi, Kasli, Musliar Kasim, Auzar Syarif dan Nasrez Akhir) .....	65
Potensi Ekstrak Cangkang Kepiting untuk Mengendalikan Penyakit Pasca Panen Antraknosa pada Buah Cabai Merah. (Tunjung Pamekas) .....	72
Keanekaragaman dan Biologi Reproduksi Parasitoid Telur Wereng Coklat <i>Nillaparvata lugens</i> Stal. (Homoptera: Delphacidae) pada Struktur Lanskap Pertanian Berbeda. (Yaherwandi dan Usra Syam) .....	76
Pengaruh Petak Omisi terhadap Keragaan Agronomi Tanaman Jagung. (Andarias Makka Murni) .....	87
Pertumbuhan dan Hasil Delapan Genotipe Kentang di Sumatera Barat. (Warnita) ...	94



Jurnal Akta Agrosia telah diakreditasi melalui Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia dengan Nomor : 26/DIKTI/Kep/2005



## Aktivitas Peroksidase, Skor ELISA dan Respon Ketahanan 29 Genotipe Cabai Merah terhadap Infeksi *Cucumber Mosaic Virus* (CMV)

### *Peroxidase activity, ELISA Score and Response of 29 Hot Pepper Against Cucumber Mosaic Virus (CMV) Infection*

Catur Herison<sup>1</sup>, Rustikawati<sup>1</sup>, dan Sudarsono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan BDP, Faperta Unib, Jl. Raya Kandang Limun Bengkulu 38371

<sup>2</sup> Dept. Agro-hort, Faperta IPB, Jl. Meranti, Darmaga, Bogor 16680

catur\_herison@yahoo.com, tika\_ngrh@yahoo.com;

#### ABSTRACT

Identification of sources of resistant genes is the foremost important steps to develop cultivar resistant against pathogen. The objective of this research was to determine response several hot pepper genotypes in order to select sources of CMV resistant genes, and to study the association of peroxidase activity with resistant response to CMV. The results showed that genotype C1024, C1037, C1042, and C1043 were considered resistant and were appropriate to be sources of CMV resistant genes. Disease intensity was relevant indicator to determine resistant level against CMV. Peroxidase activity was unrelated with hot pepper resistance against CMV.

**Keywords:** *Capsicum annuum*, CMV, peroxidase, resistance

#### PENDAHULUAN

Penyakit yang disebabkan oleh virus merupakan satu kendala utama dalam produksi cabai merah. Pertanaman cabai yang terserang virus biasanya mengalami hambatan pertumbuhan dan penurunan hasil yang sangat besar. Penyakit ini sulit dikendalikan karena beberapa faktor, antara lain: (1) virus adalah parasit obligat (Matthews, 1991; Bos, 1994), (2) memiliki kisaran inang yang luas (Matthews, 1991; Bos, 1994), dan (3) belum ada pestisida komersial dapat mengendalikan virus (Frasser, 1992).

Di antara 45 jenis virus yang diketahui menyerang tanaman cabai merah, *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) adalah yang terpenting (Duriat, 1996). Zitter *et al.* (1984) melaporkan bahwa serangan CMV pada cabai merah dapat menyebabkan penurunan hasil lebih dari 60%. Hasil penelitian Sari *et al.* (1997) menunjukkan bahwa CMV dapat menurunkan jumlah dan bobot buah per tanaman berturut-turut sebesar 81,4% dan 82,3%. Bahkan pada kasus tertentu serangan

CMV di lapang dapat mencapai 100% dari populasi tanaman sehingga seringkali menyebabkan kegagalan panen dan kerugian yang besar bagi petani cabai merah.

Metode pengendalian yang paling praktis dan dapat diharapkan keberhasilannya adalah dengan menggunakan kultivar yang resisten (Green and Kim, 1994; Duriat, 1996). Tanaman resisten mampu menghambat replikasi dan transportasi virus di dalam tanaman (Matthews, 1991) sehingga dapat mengurangi penyebaran di dalam tubuh tanaman. Secara fisiologis, mekanisme ketahanan terhadap virus belum diketahui secara pasti. Tetapi beberapa peneliti melaporkan bahwa mekanisme ketahanan terhadap virus melibatkan peningkatan aktivitas enzim tertentu, antara lain aktivitas enzim peroksidase, yang merupakan salah satu enzim yang terkait dengan mekanisme ketahanan tanaman terhadap cekaman (Artlip and Funkhouser, 1995). Aktivitas enzim peroksidase dilaporkan berperan dalam mekanisme ketahanan tanaman terhadap virus pada tanaman



rapseed (Zhou *et al.*, 1992), mustard (Gupta *et al.*, 1990), mentimun (Yurina *et al.*, 1993) dan kedelai (Andreeva, 1989).

Tanaman yang resisten terhadap virus dapat diperoleh melalui seleksi plasma nutfah yang ada dan melalui persilangan antar tetua terpilih. Keberhasilan program pemuliaan untuk merakit kultivar resisten sangat ditentukan antara lain oleh ketersediaan sumber resistensi, metode transfer gen dan metode seleksi. Oleh karena itu, penelitian tentang penapisan sumber resistensi dan pemilihan penanda seleksi secara morfologi ataupun fisiologi yang akurat, cepat dan murah untuk karakter ketahanan terhadap CMV perlu dilakukan.

Ketahanan tanaman terhadap virus diukur berdasarkan tingkat konsentrasi virus pada tanaman berdasarkan uji ELISA (Green, 1991; Matthews, 1991; Bos, 1994; Lapidot *et al.*, 1997). Tanaman tahan adalah tanaman yang menunjukkan tingkat konsentrasi virus rendah. Ketahanan tanaman terhadap virus seringkali juga diukur berdasarkan nilai skor atau intensitas serangan (Dolores, 1996; Duriat and Gunaeni, 1996). Selain itu, periode inkubasi juga biasa dipakai untuk melihat ketahanan terhadap penyakit secara umum.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari respon ketahanan beberapa genotipe cabai merah dalam rangka menyeleksi sumber gen ketahanan terhadap CMV. Selain itu juga untuk mempelajari keterkaitan aktivitas enzim peroksidase dengan ketahanan tanaman terhadap CMV dalam rangka mencari penanda seleksi yang murah, cepat dan akurat.

## METODE PENELITIAN

### Penyiapan Bahan Tanaman

Percobaan dilakukan di dalam Rumah Kasa Lab. Agronomi IPB pada musim penghujan dan musim kemarau tahun 2004 menggunakan 29 genotipe cabai merah yang berasal dari berbagai negara, (koleksi Lab. Biologi Molekuler Tanaman, Faperta IPB). Pada setiap genotipe, disiapkan 22 tanaman untuk diinokulasi dan tiga tanaman tidak diinokulasi yang digunakan pembandingan.

Penyiapan bahan tanaman diawali dengan perendaman benih dalam larutan GA3 100 ppm selama tiga jam untuk mempercepat dan meningkatkan keseragaman perkecambahan. Kecambah selanjutnya disemai dalam gelas plastik (volume 200 mL) yang berisi media steril campuran tanah, pasir, dan pupuk kandang kotoran sapi dengan perbandingan 1:1:1. Bibit dipelihara di dalam rumah kaca kedap serangga di bawah naungan paranet 50%. Pemupukan dilakukan ketika bibit berumur dua dan tiga minggu setelah semai, dengan penyemprotan pupuk daun 1,5 g L<sup>-1</sup>. bersamaan dengan pencegahan hama dan penyakit.

### Penyiapan Inokulum CMV

Strain CMV yang digunakan adalah CMV-02 yang merupakan strain yang paling virulen (Duriat, 1996), diperoleh dari Balai Penelitian Sayuran Lembang, Bandung. Sebelum digunakan, inokulum terlebih dahulu diperbanyak pada tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum* var. *Xanthii*) melalui inokulasi secara mekanik. Daun tembakau muda yang menunjukkan gejala jelas digerus dalam bufer fosfat (0,01M, pH 7) dengan perbandingan 1:3 (bobot/volume) menggunakan mortar poselain. Setelah disaring dengan kain kasa, cairan daun tembakai tersebut digunakan sebagai inokulum.

### Inokulasi Bibit Cabai dengan CMV

Inokulasi dilakukan secara mekanis sebanyak dua kali, yaitu saat fase kotiledon (Dogimont *et al.*, 1994) dan fase daun sejati pertama (Rusko and Csillery, 1980; Chaîne *et al.*, 1992; Green, 1996; Lapidot *et al.*, 1997), dengan cara mengusapkan cairan inokulum dengan *cotton-bud* ke permukaan daun yang telah ditaburi Carborundum (600 mesh) sebagai *abrasive*.

### Pengamatan

Pengamatan dilakukan terhadap periode inkubasi, intensitas serangan, periode inkubasi, tipe gejala, tingkat konsentrasi virus, dan aktivitas enzim peroksidase. Periode inkubasi adalah lamanya waktu yang diperlukan sejak partikel virus masuk ke tanaman hingga menimbulkan



gejala. Periode inkubasi dihitung sebagai jumlah hari dari saat inokulasi dilakukan hingga pertama kali muncul gejala pada setiap tanaman yang diuji pada setiap genotipe, selanjutnya dirata-ratakan. Untuk mengetahui apakah tanaman menunjukkan gejala atau tidak digunakan pembanding tanaman yang tidak diinokulasi.

Intensitas serangan diukur berdasarkan skor gejala yang tampak pada empat minggu setelah inokulasi (MSI). Skor gejala dikelompokkan mengikuti Dolores (1996), Sulyo and Duriat (1996). Penghitungan intensitas serangan digunakan rumus:

$$I = \frac{n \times v}{N \times V} \times 100\%$$

dengan n, v, N, dan V berturut-turut adalah jumlah tanaman bergejala, skor gejala, jumlah tanaman yang diamati dan skor tertinggi. Keparahan gejala diskor sebagai berikut: **skor 0** : tidak ada gejala; **skor 1**: gejala mosaik atau belang ringan, atau tidak ada penyebaran sistemik **skor 2**: gejala mosaik atau belang sedang **skor 3**: gejala mosaik atau belang berat tanpa penciutan atau kelainan bentuk ('*malformation*') daun **skor 4**: gejala mosaik atau belang berat dengan penciutan atau kelainan bentuk daun **skor 5**: gejala mosaik atau belang sangat berat dengan penciutan atau kelainan bentuk daun yang parah, '*shoestring*', kerdil, atau mati. Pemeringkatan ketahanan tanaman terhadap CMV dilakukan sesuai dengan Dolores (1996) (Tabel 1).

Tipe gejala ditunjukkan oleh tekstur permukaan, warna dan bentuk daun-daun termuda yang telah membuka penuh. Tipe gejala serangan CMV pada tanaman cabai merah secara umum

adalah: mosaik (*mosaic*), belang (*mottle*), dan kelainan bentuk (*malformation*). Mosaik adalah daun dengan belang-belang kekuningan dibatasi dengan tulang-tulang daun. Belang adalah daun yang memiliki belang-belang kekuningan tanpa batas yang jelas. Kelainan bentuk adalah daun yang menampilkan kelainan bentuk, seperti terjadi penciutan yang tidak beraturan mulai dari ringan hingga sangat parah (*shoestring*) (Green, 1996).

Tingkat konsentrasi virus pada tanam diukur dengan uji serologi DAS-ELISA (*double antibody sandwich enzyme-link immunosorbance assay*) (Lapidot *et al.*, 1997). Pengujian dilakukan terhadap daun termuda yang telah berkembang penuh, pada tiga minggu setelah inokulasi. Cairan perasan sampel diencerkan 10 kali dalam bufer fosfat, sebanyak 100  $\mu$ L dimasukkan ke dalam *plat mikrotiter*, dan diinkubasi pada suhu kamar selama 2 jam. *Plat* kemudian dikosongkan dan dicuci dengan PBS-T (bufer fosfat ditambah Tween 0,05%).

*Plat* selanjutnya diisi dengan konjugat (pengenceran 1:1000) sebanyak 100  $\mu$ L, diinkubasi selama 2 jam pada suhu kamar dan dicuci dengan PBS-T. Selanjutnya 100  $\mu$ L substrat dimasukkan ke dalam *plat*, dan diinkubasi selama 30 menit, dan reaksi dihentikan dengan menambahkan 50  $\mu$ L natrium hidroksida 3 M. Larutan substrat dipersiapkan dengan menambahkan 10 mg p-nitrofenilfosfat ke dalam 10 mL bufer substrat yang dibuat dengan melarutkan dietanolamin 90 mL dalam akuades hingga volumenya menjadi 1 L, dan pH disesuaikan hingga 9,8 dengan HCl 6N. Reaksi dibaca dengan menggunakan *microplate reader* pada panjang gelombang 490 nm.

Tabel 1. Penentuan peringkat ketahanan tanaman cabai merah terhadap CMV

Intensitas serangan (%)	Uji ELISA	Peringkat ketahanan
0	-	imun
$x \leq 10$	+	tahan
$10 < x \leq 20$	+	agak tahan
$20 < x \leq 30$	+	agak rentan
$30 < x \leq 50$	+	rentan
$x > 50$	+	sangat rentan



Aktivitas enzim peroksidase diukur pada sampel pasangan daun yang diuji serologi. Analisis dilakukan sehari sebelum uji serologi dilakukan sehingga tanaman belum mengalami kerusakan fisik. Prosedur analisis dilakukan mengikuti cara Kar and Mishra (1976).

#### Analisis data

Tingkat variabilitas respons tersebut diukur berdasarkan nilai koefisien variasi (KV) menggunakan rumus Singh and Chaudhary (1979); Steel and Torrie (1981).

$$KV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\%$$

dengan  $s$ , dan  $\bar{x}$  berturut-turut adalah standar deviasi, dan nilai rata-rata pengamatan. Untuk menentukan tinggi rendahnya variabilitas respons berdasarkan koefisien variasi mengikuti pengelompokan yang dikemukakan oleh Mattjik dan Sumertajaya (1999), yaitu rendah ( $KV < 20\%$ ), sedang ( $20\% \leq KV \leq 25\%$ ), dan tinggi ( $KV > 25\%$ ).

Korelasi antar variabel dilihat berdasarkan koefisien korelasi ( $r$ ) menurut rumus Singh dan Chaudhary (1979):

$$r = \frac{cov_{xy}}{s_x s_y}$$

dengan  $cov_{xy}$ ,  $s_x$  dan  $s_y$  berturut-turut adalah kovarians variabel  $xy$ , standar deviasi variabel  $x$  dan standar deviasi variabel  $y$ . Menurut Young (1982) dalam Djarwanto dan Subagyo (1993) tingkat korelasi antar variabel dilihat dari nilai koefisien korelasinya adalah  $0.7 < r \leq 1,0$  tinggi,  $0,4 < r \leq 0,7$  sedang  $0,2 < r \leq 0,4$  rendah, dan  $r \leq 0,2$  tidak berkorelasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Visualisasi Skoring Gejala

Skoring untuk menentukan intensitas serangan CMV biasanya hanya didasarkan pada deskripsi gejala (Dolores, 1996; Duriat and Gunaeni, 1996). Hal ini dapat menimbulkan inkonsistensi skoring dalam pengujian ketahanan terhadap virus. Di samping itu juga dapat menghasilkan penafsiran yang berbeda antara satu

peneliti dengan peneliti lainnya. Berdasarkan deskripsi yang dikemukakan oleh peneliti sebelumnya yang dicocokkan dengan gejala yang tampak pada percobaan musim I, maka dibuat dokumentasi visualisasi skor gejala (Gambar 1). Visualisasi skor gejala ini digunakan sebagai acuan pada percobaan berikutnya, dan akan sangat bermanfaat dalam skoring gejala tanaman cabai merah terhadap infeksi CMV pada penelitian-penelitian selanjutnya.

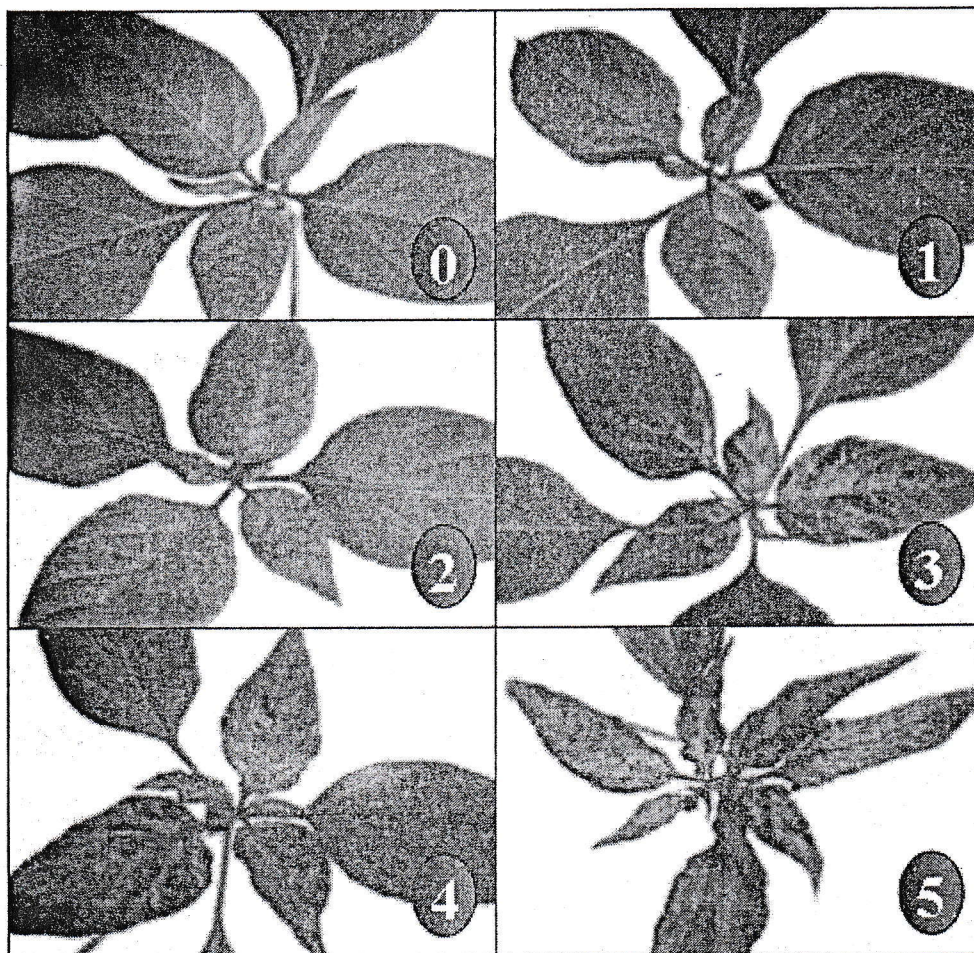
#### Respon Tanaman Cabai Merah terhadap Infeksi CMV

Pada percobaan musim penghujan, intensitas serangan yang teramati berkisar antara 0% hingga 98%, dengan periode inkubasi antara delapan hingga 26 hari. Periode inkubasi pada tanaman yang tidak bergejala tidak dapat diamati.

Berdasarkan peringkat ketahanan, tujuh genotipe menunjukkan kategori respon tahan (intensitas serangan  $< 10\%$ ), yaitu C1024, C1034, C1037, C1042, C1023, C1003, dan C1043. Bahkan empat genotipe yang disebutkan pertama memperlihatkan intensitas serangan nol persen. Hanya ada satu genotipe yang termasuk kategori agak tahan. Sisanya termasuk dalam kategori agak rentan hingga sangat rentan (Tabel 2).

Dari seluruh genotipe yang menampakkan gejala, ada 7 genotipe menunjukkan periode inkubasi lebih dari tiga minggu setelah inokulasi dan dua di antaranya mendekati empat minggu setelah inokulasi (akhir penelitian), yaitu C1023 dan C1003. Sementara itu, periode inkubasi relatif singkat, kurang dari dua minggu setelah inokulasi cukup banyak ditemukan yaitu pada genotipe yang termasuk kategori rentan dan sangat rentan. Gejala awal yang dapat teramati pada tanaman terinfeksi CMV adalah permukaan daun menjadi kusam, tidak berkilau, dan kasar. Seluruh genotipe yang bergejala menampakkan tekstur daun kusam dan kasar sebelum akhirnya terbentuk belang atau mosaik sangat jelas. Gejala yang muncul pada umumnya adalah mosaik, hanya beberapa genotipe yang menampakkan gejala belang (*mottle*) dan kelainan bentuk. Gejala kelainan bentuk daun yang tampak bersamaan dengan gejala mosaik hanya dijumpai pada genotipe C1053 dan C1032.





Gambar 1. Visualisasi gejala tanaman sesuai dengan deskripsi gejala yang dikemukakan oleh peneliti sebelumnya dan digunakan sebagai acuan dalam penentuan skor gejala pada cabai merah yang terinfeksi CMV. Foto dibuat pada percobaan musim I. Nomor pada gambar menunjukkan nilai skor gejala

Pada percobaan musim kemarau, ada enam genotipe yang termasuk ke dalam kategori tahan, empat di antaranya, yaitu C1024, C1034, C1037 dan C1042 menunjukkan nilai intensitas serangan nol persen. Bahkan uji ELISA terhadap pada C1024, C1034 dan C1042 menunjukkan hasil negatif yang berarti bahwa ketiga genotipe tersebut termasuk dalam kategori imun (Tabel 3).

Di antara seluruh genotipe yang menunjukkan gejala, periode inkubasi teramati berkisar dari 6 hingga 26 HSI. Enam genotipe menunjukkan periode inkubasi lebih dari tiga minggu setelah inokulasi, termasuk dua di antaranya genotipe yang berkategori tahan pada penyaringan tahap pertama, yaitu C1043 dan

C1037. Sebagian besar genotipe yang diuji menunjukkan gejala pada dua minggu setelah inokulasi.

#### ELISA dan Aktivitas Peroksidase

Hasil uji serologi ELISA menunjukkan bahwa tingkat konsentrasi virus berkisar dari 0,05, yaitu sama dengan kontrol negatif, hingga 1,88. Sebagian besar genotipe menunjukkan nilai ELISA sangat tinggi, bahkan lebih tinggi sepuluh kali dari batas terendah positif, dan bahkan melebihi kontrol positif, yaitu 1,537. Kontrol positif yang digunakan dalam pengujian ini adalah daun tembakau segar yang digunakan sebagai sumber inokulum CMV. Hal ini menunjukkan



bahwa di antara genotipe yang diuji, sebagian besar adalah sangat rentan terhadap CMV, dan tingkat variabilitas ketahanan antar genotipe dalam populasi yang diuji sangat tinggi.

Hasil analisis aktivitas enzim peroksidase menunjukkan bahwa variabilitas aktivitas enzim

peroksidase antar genotipe cukup tinggi yang ditunjukkan dengan nilai koefisien variasi sebesar 43,85% (Tabel 3). Aktivitas enzim peroksidase tertinggi ditunjukkan oleh genotipe C1028 dan yang terendah pada genotipe C1024 dan C1019.

Tabel 2. Periode inkubasi dan tipe gejala 29 genotipe cabai merah yang diinokulasi CMV

Genotipe	Asal Negara	Periode Inkubasi (HSD)*		Gejala Infeksi
		Musim Penghujan	Musim Kemarau	
C1003	Taiwan	26	24	mosaik
C1006	Malaysia	10	8	mosaik
C1009	India	14	12	mosaik
C1015	Thailand	24	20	mosaik
C1019	Malaysia	10	18	mosaik
C1023	Indonesia	26	22	mosaik
C1024	Indonesia	-	-	-
C1025	Indonesia	22	22	mottle
C1026	Indonesia	14	12	mosaik
C1027	Indonesia	24	24	mosaik
C1028	USA	13	12	mosaik
C1032	USA	8	6	mosaik, malformasi
C1034	AVRDC	-	-	-
C1035	Indonesia	18	18	mosaik
C1036	Sri Lanka	16	16	mosaik
C1037	India	-	-	-
C1040	AVRDC	22	18	mosaik
C1042	Indonesia	-	-	-
C1043	Indonesia	23	26	mosaik
C1044	Indonesia	20	24	mosaik
C1046	USA	14	16	mosaik
C1047	Sri Lanka	14	14	mosaik
C1048	Malaysia	14	14	mosaik
C1052	Thailand	18	18	mosaik
C1053	Philippine	10	14	mosaik, malformasi
C1055	Taiwan	18	14	mosaik
C1056	Korea	14	17	mosaik
C1058	Indonesia	14	19	mosaik
C1061	Taiwan	16	12	mosaik

Keterangan : \*) HSI = hari setelah inokulasi



Tabel 3. Intensitas serangan dan respon ketahanan 29 genotipe cabai merah yang terinfeksi CMV pada musim penghujan dan musim kemarau

Genotipe	Intensitas serangan(%)		Respon ketahanan**)	
	Musim penghujan	Musim kemarau	Musim penghujan	Musim kemarau
C1003	10,00	11,67	T	AT
C1006	88,33	83,33	SR	SR
C1009	72,73	88,33	SR	SR
C1015	23,33	40,00	AR	R
C1019	75,00	81,67	SR	SR
C1023	8,33,00	23,33	T	AR
C1024	0,00	-	T	I
C1025	24,44	23,33	AR	AR
C1026	50,00	56,67	R	SR
C1027	8,33	10,00	T	T
C1028	41,67	55,00	R	SR
C1032	98,33	100,00	SR	SR
C1034	-	-	T	I
C1035	30,00	58,00	AR	SR
C1036	41,67	33,33	R	R
C1037	0,00	-	T	T
C1040	18,33	28,33	AT	AR
C1042	-	-		I
C1043	8,33	3,33	T	T
C1044	28,00	13,33	AR	AT
C1046	38,33	36,36	R	R
C1047	36,00	48,33	R	R
C1048	40,00	55,00	R	SR
C1052	26,67	52,00	AR	SR
C1053	78,33	85,00	SR	SR
C1055	73,33	80,00	SR	SR
C1056	30,91	88,33	R	SR
C1058	40,00	34,55	R	R
C1061	50,00	60,00	R	SR

Keterangan : <sup>3)</sup> Peringkat ketahanan : T = tahan, AT = agak tahan, AR = agak rentan, R = rentan, SR = sangat rentan

Hasil penelitian baik pada musim penghujan maupun musim kemarau menunjukkan variabilitas tingkat ketahanan yang tinggi antar genotipe. Variabilitas yang besar tersebut tercermin dari tingginya nilai koefisien variasi kedua karakter tersebut (Tabel 2 dan 3). Besarnya variasi antar genotipe tersebut memungkinkan dilakukannya seleksi untuk ketahanan terhadap CMV.

Belang, mosaik, dan kelainan bentuk adalah tiga dari banyak tipe gejala yang biasa tampak pada tanaman cabai merah yang terinfeksi CMV. Selain tiga tipe gejala tersebut, gejala lain yang dapat dijumpai pada tanaman cabai yang terinfeksi CMV adalah perubahan warna daun menjadi kuning, *vein clearing* (lembar daun di sekitar tulang daun menjadi bening), bercak

melting klorosis, nekrosis, pola daun oak (Lockhart dan Fisher, 1976; Zitter *et al.*, 1984; Green and Kim, 1994). Tipe gejala lain tidak muncul pada percobaan ini kemungkinan disebabkan oleh respon spesifik genotipe tanaman cabai atau isolat CMV yang digunakan.

Hasil percobaan selama dua musim dengan rata-rata suhu dan kelembaban yang berbeda (Tabel 4) terlihat bahwa ada penurunan tingkat ketahanan pada musim kemarau yang ditunjukkan dengan periode inkubasi lebih singkat dan intensitas serangan lebih tinggi. Oleh karena itu juga terjadi penurunan peringkat ketahanan pada sebagian besar genotipe yang diamati pada musim kemarau dibandingkan musim penghujan. Percobaan musim kemarau dilakukan pada bulan Agustus dengan suhu maksimum rata-rata lebih



tinggi dan RH lebih rendah dibandingkan dengan pada musim penghujan pada bulan Januari. Kelembaban yang relatif lebih rendah dan suhu lebih tinggi tersebut memungkinkan terjadinya transpirasi tanaman yang lebih tinggi sehingga translokasi virus lebih cepat. Hal ini sejalan dengan pendapat Mathews (1991) yang menyatakan bahwa dengan meningkatnya suhu,

masa inkubasi virus mosaik lebih singkat, translokasi virus lebih cepat dan konsentrasi virus lebih tinggi. Namun demikian genotipe-genotipe tahan hasil pengujian musim penghujan, yaitu C1024, C1034, C1037, dan C1042, tetap konsisten tahan pada pengujian musim kemarau sehingga genotipe tersebut layak digunakan untuk sumber ketahanan terhadap CMV.

Tabel 4. Data Suhu dan kelembaban di Rumah Kasa pada bulan Januari (Musim Penghujan) dan Agustus (Musim Kemarau)

Tgl	Januari			Agustus		
	Suhu min(C)	Suhu max (C)	RH (%)	Suhu min(C)	Suhu max (C)	RH (%)
1	26,3	29,8	72,0	23,3	25,0	88,0
2	24,5	28,3	71,0	23,8	26,3	88,0
3	25,3	27,3	84,0	24,3	27,5	77,0
4	25,8	27,8	85,0	25,3	28,8	78,0
5	26,0	27,8	85,0	25,0	28,8	71,0
6	25,0	26,5	84,0	25,0	28,8	73,0
7	25,0	26,3	92,0	25,8	30,0	67,0
8	27,0	31,0	73,0	25,0	29,8	67,0
9	27,0	31,0	73,0	26,0	30,5	69,0
10	26,0	28,0	85,0	25,0	29,8	67,0
11	26,3	27,8	85,0	24,5	29,3	67,0
12	25,8	27,5	92,0	25,3	29,5	69,0
13	25,8	29,5	72,0	25,0	28,5	75,0
14	26,5	31,0	73,0	25,3	30,3	65,0
15	27,0	30,8	73,0	24,8	29,3	68,0
16	26,8	29,8	79,0	25,0	28,5	74,0
17	25,5	28,3	92,0	25,3	29,5	70,0
18	26,8	30,8	73,0	24,3	29,8	62,0
19	25,8	28,0	85,0	25,0	30,3	63,5
20	25,8	28,5	85,0	24,5	29,5	65,0
21	25,3	27,5	78,0	25,3	30,8	63,0
22	25,3	27,5	78,0	24,0	30,0	59,0
23	25,8	28,3	85,0	23,8	30,3	56,0
24	25,8	28,0	85,0	24,8	29,5	66,5
25	25,8	28,5	78,0	24,5	29,0	68,0
26	26,8	29,8	79,0	25,5	30,0	65,5
27	26,8	30,8	73,0	25,5	30,0	68,5
28	25,8	28,8	78,0	24,5	28,0	74,5
29	25,8	28,3	85,0	24,3	29,0	66,5
30	25,5	28,5	78,0	25,0	29,5	68,0
31	25,3	27,3	84,0	25,0	29,8	66,8
Rata-rata	25,9	28,7	80,5	24,8	29,2	69,3



Tabel 5. Respon ketahanan, nilai absorban ELISA dan aktivitas enzim peroksidase tanaman yang diinokulasi CMV

Genotipe	Respon ketahanan	ELISA		Aktivitas peroksidase
		Nilai absorban	+ / - <sup>2)</sup>	
C1003	AT	0,31	+	0,183
C1006	SR	1,09	+	0,381
C1009	SR	0,83	+	0,342
C1015	R	0,69	+	0,344
C1019	SR	1,05	+	0,110
C1023	AR	0,34	+	0,176
C1024	I	0,05	-	0,110
C1025	AR	0,28	+	0,132
C1026	SR	1,28	+	0,352
C1027	T	0,55	+	0,279
C1028	SR	1,19	+	0,557
C1032	SR	1,15	+	0,511
C1034	I	0,05	-	0,321
C1035	SR	0,59	+	0,197
C1036	R	0,59	+	0,233
C1037	T	0,12	+	0,273
C1040	AR	0,59	+	0,241
C1042	I	0,06	-	0,295
C1043	T	0,16	+	0,200
C1044	AT	0,73	+	0,218
C1046	R	0,32	+	0,245
C1047	R	0,26	+	0,184
C1048	SR	0,31	+	0,316
C1052	SR	0,68	+	0,347
C1053	SR	1,39	+	0,505
C1055	SR	1,88	+	0,170
C1056	SR	1,56	+	0,398
C1058	R	1,41	+	0,177
C1061	SR	0,58	+	0,186

Keterangan : <sup>2)</sup> Nilai bacaan pada kontrol negatif = 0,055; kontrol positif = 1,537, (+) =  $x > 0,11$ , (-) =  $x \leq 0,11$ <sup>3)</sup>  
 Peringkat ketahanan : T = tahan, AT = agak tahan, AR = agak rentan, R = rentan, SR = sangat rentan

Tingkat konsentrasi virus diukur dengan uji serologi DAS-ELISA dan dilanjutkan dengan pembacaan menggunakan *micro-plate reader*. Tanpa alat bantu *micro-plate reader*, pengelompokkan positif dan negatif mengandung partikel virus juga dapat dilakukan secara visual dengan melihat tingkat kekuningan pada sampel dibandingkan dengan kontrol (Green, 1997). Akan tetapi cara ini kurang akurat karena sangat dipengaruhi oleh pengalaman dan kemampuan peneliti. Dengan menggunakan *micro-plate reader*, perbedaan angka bacaan yang tercatat mencerminkan tingkat konsentrasi virus secara kuantitatif. Berdasarkan nilai kuantitatif ini sampel yang diuji dapat diketahui secara lebih bervariasi tingkat ketahanannya terhadap CMV,

tidak hanya rentan jika positif virus dan tahan jika negatif virus.

Berdasarkan interpretasi hasil uji ELISA terlihat bahwa ada tiga genotipe yang menunjukkan respon negatif ELISA, yaitu genotipe C1024, C1034 dan C1042. Oleh karena itu, ketiga genotipe tersebut adalah yang paling baik tingkat ketahanannya dan dapat digunakan sebagai sumber gen ketahanan terhadap CMV. Sedangkan genotipe C1037 dan C1043 menunjukkan angka yang mendekati batas kategori negatif (0,11), yaitu berturut-turut 0,12 dan 0,16 sehingga dapat dikategorikan sangat tahan CMV.

Menurut Dolores (1996), tanaman yang menunjukkan negatif ELISA dapat dikategorikan sebagai imun terhadap virus. Sedangkan menurut



Matthews (1991) dan Fraser (1987), pada interaksi tanaman dengan virus, kriteria imun hanya digunakan bila tidak terjadi replikasi virus sekalipun pada sel pertama yang terinvestasi partikel virus, yang dikenal sebagai ketahanan non inang (*non host resistance*). Oleh karena itu untuk memastikan bahwa genotipe tersebut banar-benar imun terhadap isolat CMV yang digunakan maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Analisis korelasi menunjukkan bahwa intensitas gejala berkorelasi erat sangat nyata dengan tingkat konsentrasi virus (nilai uji ELISA), dengan nilai koefisien korelasi  $r = 0,74^{**}$  (Tabel 6). Nilai  $r$  yang positif menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat konsentrasi virus yang terukur maka semakin tinggi pula intensitas serangan yang tercatat. Sementara itu, tingkat konsentrasi virus dan periode inkubasi memiliki kaitan yang sedang dan nyata, dengan koefisien korelasi  $r = -0,47^*$ . Hal ini menunjukkan ada kecenderungan bahwa semakin tinggi tingkat konsentrasi virus pada tanaman maka makin cepat gejala penyakit muncul setelah tanaman terinfeksi.

Tabel 6. Koefisien korelasi antara peubah intensitas serangan, tingkat konsentrasi virus (ELISA), aktivitas enzim peroksidase, dan periode inkubasi

	ELISA	Peroksidase	Periode inkubasi
Intensitas serangan	$0,74^{**}$	$0,48^{**}$	$-0,82^{**}$
ELISA		$0,42^*$	$-0,47^*$
Peroksidase			$-0,56^*$

Keterangan : \* = nyata, \*\* = sangat nyata

Jika dihubungkan antara tingkat konsentrasi virus dan intensitas serangan, maka dapat dilihat bahwa ada beberapa genotipe yang dengan konsentrasi virus rendah tetapi sudah menampakkan gejala yang relatif parah, seperti pada C1035, C1047, C1048 dan C1061 (Tabel 3). Kelompok genotipe seperti ini dapat dikategorikan sebagai genotipe peka (sensitif). Tetapi ada juga yang sekalipun tingkat konsentrasi virusnya tinggi masih menunjukkan gejala relatif ringan, seperti pada C1027, C1044, dan C1058. Kelompok ini dapat digolongkan sebagai genotipe toleran, mengacu pada definisi yang dikemukakan oleh Cooper dan Jones (1983).

Pada genotipe-genotipe tertentu yang sangat rentan dengan intensitas gejala paling tinggi dan periode inkubasi paling singkat, ternyata tidak menunjukkan tingkat konsentrasi virus yang paling tinggi. Hal ini dapat dilihat pada genotipe C1006 dan C1032. Pada kelompok ini, ada kemungkinan bahwa telah terjadi penurunan titer virus karena partikel virus telah mengalami degradasi sebagai akibat kondisi tanaman yang sangat parah. Uji ELISA dilakukan secara serempak pada 3 msi, sementara itu gejala telah muncul mulai 1 msi. Sebagaimana dikemukakan oleh Green (1997) bahwa titer virus pada tanaman yang telah menunjukkan gejala lanjut pada umumnya jauh lebih rendah dibandingkan ketika gejala baru terlihat.

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa periode inkubasi berkorelasi negatif sangat nyata dengan intensitas serangan, dengan nilai  $r = -0,82^{**}$ . Genotipe yang diinokulasi dan menunjukkan periode inkubasi virus yang singkat akan menampakkan intensitas serangan yang tinggi pada akhir pengamatan. Berdasarkan pengamatan visual juga terlihat bahwa tanaman yang menunjukkan gejala yang lebih dini pada perkembangan selanjutnya akan sangat terhambat.

Berdasarkan hasil analisis korelasi antara aktivitas enzim peroksidase dengan intensitas serangan, tingkat konsentrasi virus, dan periode inkubasi (Tabel 6) terlihat bahwa keterkaitan antara aktivitas enzim peroksidase dengan ketahanan terhadap virus adalah sedang dan nyata. Hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi yang diperoleh, yaitu berturut-turut  $r = 0,48^*$ ,  $0,42^*$ , dan  $-0,56^*$ . Nilai positif pada koefisien korelasi antara aktivitas enzim peroksidase dengan intensitas gejala dan tingkat konsentrasi virus, dan nilai negatif pada korelasi dengan periode inkubasi menunjukkan bahwa aktivitas enzim peroksidase cenderung berlawanan dengan respons ketahanan tanaman yang terinfeksi CMV. Hasil tersebut menunjukkan ada kecenderungan bahwa tanaman rentan justru memperlihatkan aktivitas enzim peroksidase tinggi. Kecenderungan ini kemungkinan karena tanaman rentan lebih tercekam dibandingkan dengan tanaman tahan ketika terinfeksi CMV. Peningkatan aktivitas enzim peroksidase pada kasus ini cenderung merupakan respon sekunder. Pada genotipe



rentan, infeksi CMV secara fisiologis menyebabkan tanaman lebih tercekam karena ada gangguan metabolisme sebagai akibat replikasi virus dalam tanaman. Sementara itu pada genotipe tahan, infeksi CMV menyebabkan cekaman yang relatif lebih ringan.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa tanaman yang mengalami cekaman fisik ataupun fisiologis menampilkan peningkatan aktivitas enzim peroksidase yang signifikan (Artlip and Funkhouser, 1995). Abeles *et al.* (1990) juga mengemukakan bahwa peningkatan aktivitas enzim peroksidase adalah respon umum tanaman terhadap cekaman lingkungan. Cekaman suhu rendah pada gandum dan jagung (Peruanskii *et al.*, 1991), apel (Wu and Zhang, 1990), cekaman hara pada kedelai (Leidi *et al.*, 1989) dan cekaman polusi udara (Rao and Dubey, 1990) dapat meningkatkan aktivitas enzim peroksidase.

Hasil ini berlawanan dengan penelitian tentang respons aktivitas enzim peroksidase terhadap infeksi patogen yang dilaporkan peneliti terdahulu, yaitu bahwa tanaman yang tahan terhadap penyakit cenderung memperlihatkan aktivitas peroksidase yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman rentan (Andreeva, 1989; Gupta *et al.*, 1990; Zhou *et al.*, 1992; Yurina *et al.*, 1993). Pada tanaman yang terinfeksi patogen, peningkatan radikal bebas yang selaras dengan peningkatan aktivitas enzim peroksidase berkaitan dengan mekanisme pertahanan. Mekanisme pertahanan tersebut diwujudkan dalam bentuk lignifikasi dinding sel (Vance *et al.*, 1980), program kematian jaringan (PCD) sebagai reaksi hipersensitif (Keppler dan Novacky, 1986; Keppler *et al.*, 1989; Bronner *et al.*, 1991; Hutcheson, 1998) dan pembentukan senyawa fitoaleksin (Lagrimini *et al.*, 1991; Hammerschmidt, 1999) sehingga perkembangan patogen terhambat.

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa mekanisme pertahanan yang melibatkan aktivitas enzim peroksidase tampaknya bekerja pada infeksi cendawan atau virus yang menghasilkan respon hipersensitif (Vance *et al.*, 1980; Keppler and Novacky, 1986; Keppler *et al.*, 1989; Andreeva, 1989; Gupta *et al.*, 1990; Bronner *et al.*, 1991; Zhou *et al.*, 1992; Yurina *et al.*, 1993; Hutcheson, 1998). Sedangkan interaksi

tanaman-patogen yang menghasilkan respon sistemik, seperti pada interaksi cabai merah dengan virus mosaik mentimun (CMV), aktivitas peroksidase kemungkinan tidak berperan dalam mekanisme pertahanan tanaman.

## KESIMPULAN

Genotipe C1024, C1037, C1042, dan C1043 merupakan genotipe tahan terhadap CMV dan dapat digunakan sebagai sumber gen ketahanan terhadap CMV. Intensitas penyakit berkaitan cukup erat dengan tingkat konsentrasi virus sehingga variabel tersebut layak digunakan untuk mengukur tingkat kerentanan atau ketahanan tanaman cabai merah terhadap CMV. Aktivitas enzim peroksidase pada tanaman cabai yang terinfeksi CMV tidak berperan dalam mekanisme ketahanan terhadap infeksi virus.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abeles, F.B., C.L. Biles, and L.J. Dunn. 1990. Induction of peroxidases as a response to environmental stimuli. Monograph. British Soc. Plant Growth Regulation. (Abstract).
- Andreeva, I.V. 1989. Membrane permeability and peroxidase activity in soy cultivars differing in resistance to mosaic virus. *Soviet Plant Physiol.* 36(4):667-674.
- Artlip, T.S., and E.A. Funkhouser. 1995. Protein Synthetic Responses to Environmental Stresses. In M. Pessarakli (Ed). *Handbook of Plant and Crop Physiology*. Marcel Dekker, Inc., New York. pp.627-644
- Bos, L. 1994. Pengantar Virologi Tumbuhan. Diterjemahkan oleh Triharso. Gajah Mada Univ. Press.
- Bronner, R., E. Westphal, and F. Dreger. 1991. Enhanced peroxidase activity associated with the hypersensitive response of *Solanum dulcamara* to the gall mite *Aceria cladophthirus*. *Can. J. Botany* 69(10):2192-2196.
- Chaine, C., A.M. Daubeze, and A. Palloix. 1992. Expression of the resistance to CMV migration at the plantlet stage: a new



- screening method. *In Proc. VIII<sup>th</sup> Meeting "Genetics and Breeding on Capsicum and Eggplant"* 7-10 September. Rome, Italy. pp.138-143.
- Cooper, J.I., and Jones, A.T. 1983. Responses of plants to viruses: Proposals for the use of terms. *Phytopathology* 73:127-128.
- Djarwanto, dan P. Subagyo. 1993. *Statistik Induktif*. Cetakan ke-4. BPE-Yogyakarta.
- Dolores, L. M. 1996. Management of pepper viruses. *In AVNET-II Final Workshop Proceedings*. AVRDC. Tainan. Taiwan. pp.334-342.
- Duriat, A.S. 1992. Virus diseases of pepper in Indonesia. Collaborative Vegetable Research in Southeast Asia. *In Proc. AVNET-I Final Report*. AVRDC. Tainan, Taiwan. pp.78-81.
- Duriat, A.S., and N. Gunaeni. 1996. Field resistance of some pepper varieties against virus diseases. *In AVNET-II Final Workshop Proceedings*. AVRDC. Tainan. Taiwan. pp.114-118.
- Fraser, R.S.S. 1987. Genetics of Plant Resistance to Virus. *In D. Evered and S. Harnett (Organizer). Plant Resistance to Virus*. CIBA Foundation Symposium. John Wiley and Sons. Singapore. pp.6-22.
- Fraser, R.S.S. 1992. The genetics of plant virus interaction implication for plant breeding. *Euphytica* 63:175-185.
- Green, S.K. 1991. Guideline for diagnostic work in plant virology. Technical Bulletin No. 15. 2<sup>nd</sup> Ed. AVRDC. 63p.
- Green, S.K. 1996. Viruses of pepper other than leaf curl virus. Protocol of Screening Virus Resistance on Pepper. AVRDC.
- Green, S.K. 1997. *Personal Communication*.
- Green, S.K., and J.S. Kim. 1991. Characteristic and control of viruses infecting peppers: A literature review. AVRDC. Tech. Bull. No.18. 60p.
- Green, S.K., and J.S. Kim. 1994. Sources of resistance to viruses of pepper (*Capsicum* spp.): A catalog. AVRDC. Tech. Bull. No. 20.
- Gupta, S.K., P.P. Gupta, T.P. Yadava, and C.D. Kaushik. 1990. Metabolic changes in mustard due to *Alternaria* leaf blight. *Indian Phytopathol.* 43(1):64-69.
- Hammerschmidt, R. 1999. Phytoalexins: what have we learned after 60 years? *Annu. Rev. Phytopathology* 37:285-306.
- Hutcheson, S.W. 1998. Current concepts of active defense in plants. *Annu. Rev. Phytopathology* 36:59-90.
- Kar, M., and D. Mishra. 1976. Catalase, peroxidase, and polyphenol oxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiol.* 57:315-319.
- Keppler, L.D., and A. Novacky. 1986. Involvement of membrane lipid peroxidation in the development of a bacterially induced hypersensitive reaction. *Phytopathology* 76(1):104-107.
- Keppler, L.D., C.J. Baker, and M.M. Atkinson. 1989. Active oxygen production during a bacteria-induced hypersensitive reaction in tobacco suspension cells. *Phytopathology* 79(9):974-978.
- Lagrimini, L.M., J. Vaugh, W.A. Erb, and S.A. Miller. 1991. Peroxidase overproduction in tomato-wounded polyphenol deposition and disease resistance. *Hortscience* 28(3):218-221.
- Lapidot, M., I. Paran, R. Ben-Joseph, S. Ben-Harush, M. Pilosky, S. Cohen, and C. Shifriss. 1997. Tolerance to cucumber mosaic virus in pepper: development of advance breeding lines and evaluation of virus level. *Plant Dis.* 81(2):185-188.
- Leidi, E.O., M. Gomez, and L.A. del Rio. 1989. Peroxidase isozyme patterns developed by soybean genotypes in response to manganese and iron stress. *Biochemie Physiol. Pflanzen* 185:5-6. (Abstract)
- Lockhart, B.E.L., and H.U. Fisher. 1976. Cucumber mosaic virus infections of pepper in Morocco. *Plant. Dis. Rep.* 60: 262-264.
- Matthews, R.E.F. 1991. *Plant Virology*. 3<sup>rd</sup> Ed. Academic Press Inc., New York.



- Mattjik, A.A., dan M. Sumertajaya. 1999. Perancangan Percobaan. Jurusan Statistika. Institut Pertanian Bogor.
- Nono-Womdim, R., G. Marchoux, E. Pochard, A. Palloix, and K. Gebre-Selassie. 1991. Resistance of pepper lines to movement of cucumber mosaic virus. *J. Phytopathol.* 137:21-32.
- Peruanskii, Y.V., I.M. Savich, and T.L. Tazhibaeva. 1991. Relative content and amino acid composition of the iso peroxidases in leaves of wheat and maize seedlings as criterion of resistance to low temperature stress. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya* 1:139-146. (Abstract).
- Rao, M.V., and P.S. Dubey. 1990. Biochemical aspects (antioxidants) for development of tolerance in plants growing at different low levels of ambient air pollutants. *Environmental Pollution* 64:55-56. (Abstract).
- Rusko, J., and G. Csillery. 1980. Selection for CMV resistance in pepper by the method developed by Pochard. *Capsicum* 80:37-39.
- Russell, G.E. 1981. Plant Breeding for Pest and Disease Resistance. *Studies in the Agricultural and Food Sciences*. Rutterworths, London.
- Sari, C.I.N, R Suseno, Sudarsono, dan M. Sinaga. 1997. Reaksi sepuluh galur cabai terhadap infeksi isolat CMV dan PVY asal Indonesia. *Dalam* Prosiding Kongres Nasional XIV dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Palembang 27-29 Oktober 1997. pp.116-119.
- Singh, R.K. and b.D.Chaudry. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis. Kalyani Publ., New Delhi
- Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1981. Principles and Procedure of Statistics. A Biometrical Approach. 2<sup>nd</sup> Ed. McGraw-Hill Intl. Book Co. London.
- Sulyo, Y., and A.S. Duriat. 1996. Field evaluation of pepper accessions for resistance to viruses. *In* AVNET-II Final Workshop Proceedings. AVRDC. Tainan. Taiwan. pp.132-137.
- Vance, C.P., T.K. Kirk, and R.T. Sherwood. 1980. Lignification as a mechanism of disease resistance. *Ann. Rev. Phytopathology* 18:259-288.
- Wu, J.R., and Z.L. Zhang. 1990. Evaluating the cold resistance of apple trees by means of peroxidase enzyme analysis. *J. Fruit Science* 7:41-44.
- Yurina, O.V., T.P. Yurina, and I.I. Anikina. 1993. Peroxidase activity of leaves in cucumber as a test for resistance to mildew. *Sel'skokhozyaistvennaya Biol.* 1:113-117. (Abstract).
- Zitter, T.A., D. Florini, and R. Provvidenti. 1984. Virus Diseases of Pepper. *Vegetable Crops*. Cooperative Ext. Cornell Univ.
- Zhou, B.W., S.Y. Liu, D.Y. Chen, Q. Yu, J. Yang, and C. Wang. 1992. Peroxidase in relation to varietal resistance to virus diseases in rapeseed (*Brassica napus*). *Oil Crops of China* 2:52-54. (Abstract).